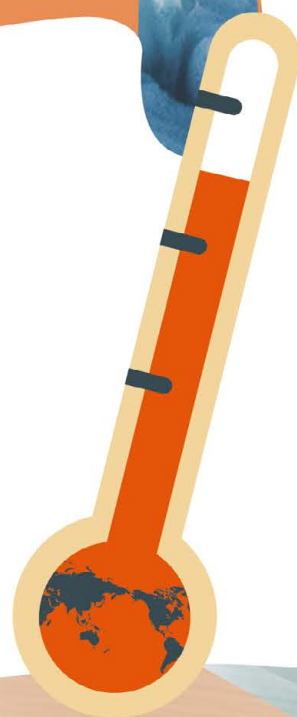


· 地理電子學習教材套 ·

氣候變化

2.0版



香港天文台
HONG KONG OBSERVATORY



優質教育基金
Quality Education Fund

I 序言

氣候教育在地化——由「1.0」應運而生的初心開始

回首 2017 年啟動編製《地理電子學習教材套：氣候變化》的時候，香港社會對氣候議題的認知仍處於探索階段，國際間對全球暖化等議題的真實性還存在著爭議，而對氣候變化相關的科學知識存在不足或誤解的資訊教材，在不同學科之中亦時有發現。作為教育工作者，我們深切體會到氣候議題教學面臨的雙重挑戰：既要確保科學嚴謹性，又要讓教學內容貼近學生生活，並不容易。編寫一套跳出教科書框框、能深入淺出、且兼顧科學權威性的教材，成為本中心同工們躍躍欲試的挑戰。在「香港天文台」提供專業指導和「優質教育基金」支持的背景下，本氣候教育項目應運而生，以「釐清氣候迷思、推動知行合一」為理念，結合書冊及網頁版教材資料套的出版、氣候變化電子流動應用程式及互動學習教材套的開發，為全港地理科的師生、或對議題有興趣的人士，提供教科書以外系統化的學習資源。

學至於行之而止——從「1.0」的認知到「2.0」的實踐

《地理電子學習教材套：氣候變化》項目於 2019 年首次推出獲得學界廣泛認可；然而，隨著極端天氣頻繁、IPCC 第六次評估報告敲響警鐘，我們意識到氣候議題教學必須與時並進。2023 年，本中心獲得「優質教育基金」的支持推出項目 2.0 版，在 1.0 版的基礎上進行優化，不僅是書冊內容的修訂、學與教資源的增添、以及電子學習技術的創新，更是教學重心的轉移：從「知識傳遞」邁向「行動引導」，期望學生能從氣候變化的「觀察者」，成長為解決方案的「實踐者」。

共建可持續未來——科教協作與傳承

氣候危機的解決沒有捷徑，而教育正是當中最重要基礎工程。在此，特別感謝所有支持本項目的同仁，希望這份教與學的資源能幫助大眾從「知」中培養科學素養，在「情」中建立環境倫理，並在「行」中實踐低碳生活，共同為可持續的未來努力。

郭志泰校長
薈色園主辦可觀自然教育中心暨天文館
二零二六年一月

II

前言

氣候變化是全球矚目的環境議題，對生態、社會及經濟產生深遠影響。作為沿海大都會城市的香港，正面臨氣溫上升、颱風加劇及海平面上升等嚴峻挑戰，亟需採取積極行動加入全球減緩氣候變化的行列，同時推動大眾認識及支持各類適應及應變措施以實現可持續發展的願景。

本書冊由「薈色園主辦可觀自然教育中心暨天文館」與「香港天文台」合作編製，旨在協助地理及相關學科的前線同工與學生，透過「香港天文台」及國際氣象組織的數據分析，配合具體事例，準確深入理解氣候變化這議題。

本書冊依據「教育局課程發展處」最新版《地理課程及評估指引（中四至中六）》中的「課題七：氣候變化—長期波動還是不可逆轉的趨勢？」編寫，涵蓋五個核心章節：

- 7.1 氣候正在轉變嗎？
- 7.2 全球暖化的成因是什麼？
- 7.3 香港的氣候變化又是怎樣呢？
- 7.4 氣候變化怎樣影響我們？
- 7.5 我們可以怎樣應對氣候變化帶來的影響？

書冊 2.0 版整合了「香港天文台」逾 140 年的氣象數據分析，以及 2023 年《政府間氣候變化專門委員會第六次評估報告》(IPCC AR6) 的最新研究成果，提供科學嚴謹且與香港本地高度相關的內容，予師生們作參考。這些資料不僅幫助學生掌握全球與本地氣候變化的核心知識，還促進對人類活動與自然環境相互作用的深入理解，激發學習熱忱並提升學與教的成效。

配合本書冊的修訂，《地理電子學習教材套：氣候變化》2.0 整體強調科學探究與實踐應用，因此，項目團隊還另外製作了一套《學與教研習素材》，通過如「香港天文台」的案例研究（城市熱島效應及颱風風險管理等），引導學生進行數據分析、實地考察及延伸探究，培養明辨性思維與科學素養。《研習素材》同時參考了 2016 年底正式生效的《巴黎協定》及香港《氣候行動藍圖 2050》等國際與本地的策略框架，鼓勵學生提出針對性的減緩與適應策略，將學習成果應用於課堂評估及現實問題解決的層面上。

書冊 2.0 版的成功編製得益於「香港天文台」的專業指導，特別感謝高級科學主任（氣候預報服務及氣候變化研究）李子祥博士及總學術主任（氣候預報服務及氣候變化研究）陳敏儀女士的寶貴貢獻。同時，我們衷心感謝「教育局課程發展處」的意見提供、先導學校前線同工和學生的積極參與，以及國際氣象組織及相關機構在資訊使用方面的支持，特此鳴謝。

《地理電子學習教材套：氣候變化》2.0 版——項目團隊
二零二六年一月

III

目錄



1. 氣候正在轉變嗎？

1. 天氣與氣候	2
2. 全球的氣候是怎樣的？	5
3. 中國和香港的氣候是怎樣的？	6
4. 氣候變化的科學證據	9



2. 全球暖化的成因是甚麼？

1. 影響地球溫度的因素	20
2. 全球暖化是自然變化還是人為引致？	29



3. 香港的氣候變化又是怎樣呢？

1. 香港的氣候變化	34
2. 城市發展的影響	37
3. 微氣候	41



4. 氣候變化怎樣影響我們？

1. 對自然的影響	46
2. 對人類的影響	50
3. 對香港的影響	56



5. 我們可以怎樣應對氣候變化帶來的影響？

1. 國際合作	60
2. 政府行動	64
3. 個人行為	71

IV

鳴謝

本教材套的圖片及資料引用承蒙以下單位及個人授權 / 按章則使用，特此致謝：

7.1 氣候正在轉變嗎？

1. 香港天文台

- 圖 1a 香港各區溫度（2025 年 5 月 7 日正午 12 時）
- 圖 1b 香港各區相對濕度（2025 年 5 月 7 日正午 12 時）
- 圖 1c 香港各區圖象（2025 年 5 月 7 日正午 12 時）
- 圖 2 荃灣可觀的天氣資料
- 圖 3 1991–2020 年天文台錄得日最高、平均及最低氣溫的月平均值
- 圖 4 1991–2020 年香港降雨量的月平均值
- 圖 6 影響香港的熱帶氣旋每月平均出現次數（1961–2020）
- 圖 7 1991–2020 年香港平均年雨量分佈
- 圖 8 1991–2020 年天文台錄得之雨量及降雨日數的月平均值

2. 世界氣象組織（WMO）

- 圖 9 全球表面平均溫度（1850–2024）相對於 1850–1900 年平均的變化
- 圖 22 全球平均海平面變化（季節循環已從數據中除去；陰影區域表示不確定性）

3. 政府間氣候變化專門委員會（IPCC）

- 圖 10 Changes in surface temperature ($^{\circ}\text{C}$ per decade) during 1900–1980 (upper diagram) and 1981–2020 (lower diagram)
Figure 2.11 in IPCC, 2021: Chapter 2. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Gulev, S.K., P.W. Thorne, J. Ahn, F.J. Dentener, C.M. Domingues, S. Gerland, D. Gong, D.S. Kaufman, H.C. Nnamchi, J. Quaas, J.A. Rivera, S. Sathyendranath, S.L. Smith, B. Trewin, K. von Schuckmann, and R.S. Vose, 2021: Changing State of the Climate System. In Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson–Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 287–422, doi: 10.1017/9781009157896.004 .]
- 圖 17 Cumulative Antarctic Ice Sheet (AIS) and Greenland Ice Sheet (GrIS) mass changes. The estimated uncertainties, very likely range, for the respective cumulative changes are shaded.
Figure 2.24 in IPCC, 2021: Chapter 2. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Gulev, S.K., P.W. Thorne, J. Ahn, F.J. Dentener, C.M. Domingues, S. Gerland, D. Gong, D.S. Kaufman, H.C. Nnamchi, J. Quaas, J.A. Rivera, S. Sathyendranath, S.L. Smith, B. Trewin, K. von Schuckmann, and R.S. Vose, 2021: Changing State of the Climate System. In Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson–Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 287–422, doi: 10.1017/9781009157896.004 .]
- 圖 19 Annual and decadal global glacier mass change from 1961 until 2018
Figure 2.23 in IPCC, 2021: Chapter 2. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Gulev, S.K., P.W. Thorne, J. Ahn, F.J. Dentener, C.M. Domingues, S. Gerland, D. Gong, D.S. Kaufman, H.C. Nnamchi, J. Quaas, J.A. Rivera, S. Sathyendranath, S.L. Smith, B. Trewin, K. von Schuckmann, and R.S. Vose, 2021: Changing State of the Climate System. In Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson–Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 287–422, doi: 10.1017/9781009157896.004 .]

圖 21 Changes in global mean sea level

Figure 2.28 Panel (b) and (c) in IPCC, 2021: Chapter 2. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Gulev, S.K., P.W. Thorne, J. Ahn, F.J. Dentener, C.M. Domingues, S. Gerland, D. Gong, D.S. Kaufman, H.C. Nnamchi, J. Quaas, J.A. Rivera, S. Sathyendranath, S.L. Smith, B. Trewin, K. von Schuckmann, and R.S. Vose, 2021: Changing State of the Climate System. In Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 287–422, doi: 10.1017/9781009157896.004 .]

圖 23 人類導致全球各地極端高溫天氣和強降水變化的綜合評估

Figure SPM.3 Panel (a) and (b) in IPCC, 2021: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, pp. 3 – 32, doi: 10.1017/9781009157896.001 .]

4. 歐盟哥伯尼歐洲地球觀測計劃

圖 11 60°S – 60°N 區域的年平均海面溫度距平〔相對於 1991–2020 參考期間的平均值〕

5. 美國國家海洋及大氣管理局 (NOAA)

圖 12 全球海洋含熱量 (海面以下 0–700 米)

6. Acaro

圖 13 南極海冰 (攝於 2007 年)

7. 美國國家冰雪數據中心 (NSIDC)

圖 14 七月至九月北極海冰覆蓋範圍 (1979 至 2024 年)

圖 15 南北極及全球海冰範圍 (1979 至 2024 年)

8. 羅格斯大學 (Rutgers University)

圖 16 北半球春季雪蓋的變化

9. 美國國家航空暨太空總署 (NASA)

圖 18 2002 年以來南極洲和格陵蘭冰原的質量變化

10. James Balog and the Extreme Ice Survey

圖 20 阿拉斯加哥倫比亞冰川 (左為 2009 年, 右為 2015 年)

7.2 全球暖化的成因是甚麼？

1. 美國國家航空暨太空總署 (NASA)

圖 2 總太陽輻射與全球平均溫度的變化

2. 美國國家冰雪數據中心 (NSIDC)

圖 4 不同地表的反射率

3. 香港天文台

圖 5a 全球平均溫度變化 (1991 至 1996 年間)

圖 6 溫室效應

4. U. S. Geological Survey Photograph taken by Richard P. Hoblitt

圖 5b 菲律賓皮納圖博火山爆發

5. 政府間氣候變化專門委員會 (IPCC)

圖 7 The atmospheric concentration of carbon dioxide

Figure 5.4 in IPCC, 2021: Chapter 5. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Canadell, J.G., P.M.S. Monteiro, M.H. Costa, L. Cotrim da Cunha, P.M. Cox, A.V. Eliseev, S. Henson, M. Ishii, S. Jaccard, C. Koven, A. Lohila, P.K. Patra, S. Piao, J. Rogelj, S. Syampungani, S. Zaehle, and K. Zickfeld, 2021: Global Carbon and other Biogeochemical Cycles and Feedbacks. In Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 673–816, doi: 10.1017/9781009157896.007 .]

圖 9 現時全球能量收支情況

Figure 7.2 in IPCC, 2021: Chapter 7. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Forster, P., T. Storelvmo, K. Armour, W. Collins, J.-L. Dufresne, D. Frame, D.J. Lunt, T. Mauritsen, M.D. Palmer, M. Watanabe, M. Wild, and H. Zhang, 2021: The Earth's Energy Budget, Climate Feedbacks, and Climate Sensitivity. In Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 923–1054, doi: 10.1017/9781009157896.009 .]

圖 10 相對於 1850–1900 年的全球表面溫度變化

Figure SPM.1 Panel (b) in IPCC, 2021: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, pp. 3 – 32, doi: 10.1017/9781009157896.001 .]

圖 11 各因子對觀測到的 2010–2019 年相對於 1850–1900 年增暖的貢獻的評估

Figure SPM.2 in IPCC, 2021: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, pp. 3 – 32, doi: 10.1017/9781009157896.001 .]

6. 世界氣象組織溫室氣體公報

圖 8 大氣中二氧化碳、甲烷和氧化亞氮濃度趨勢

7. Skeptical Science

圖 12 氣候學家對人為引致全球變暖的共識

7.3 香港的氣候變化又是怎樣呢？

1. 香港天文台

圖 1 香港天文台總部的年平均溫度 (1885 – 2024)

圖 2a 香港每年熱夜數目及酷熱日數的變化 (1884–2024)

圖 2b 香港每年寒冷日數的變化 (1884–2024)

圖 3 香港天文台總部記錄的最高一小時降雨量前 20 名

圖 4 維多利亞港年平均海平面高度 (1954 – 2024)

圖 6 香港市區和郊區在 2021 年 1 月 13 日的最低溫度

圖 7 京士柏和橫瀾島年平均風速 (1968–2024)

圖 8 天文台總部錄得的年平均雲量 (1961–2024)

圖 9 在京士柏錄得的年平均日太陽總輻射量 (1968–2024)

圖 10 香港天文台與打鼓嶺相對濕度平均日際變化 (1989–2024)

圖 12 城市熱島廓線簡圖〔上〕；環境因素及人為活動對微氣候的影響〔下〕

圖 13 建築物的物料和密度對城市氣溫日際變化的影響

圖 14 香港天文台「香港及珠江三角洲區域自動分區天氣預報」網頁 2022 年 7 月 28 日 11 時的截圖 (左)，顯示天文台總部氣象觀測坪、旺角和天星碼頭 (尖沙咀) 的城市氣象監測站 (右) 錄得的氣溫。

圖 15 各站點在 2022 年 7 月 9 至 31 日的每小時平均氣溫時間序列

7.4 氣候變化怎樣影響我們？

1. 美國國家海洋和大氣管理局（NOAA）

- 圖 1 美國龍蝦分佈的改變
- 圖 12 2025 年 1 月 9 日 NOAA 衛星拍攝的南加州野火影像
- 圖 13 颶風伊恩災後破壞評估之航空影像（2022 年 9 月 29 日）

2. Charles Koven, Lawrence Berkeley National Lab

- 圖 2 氣候模式推算北美大草原氣候遷移的區域

3. 華盛頓大學（The University of Washington）

- 圖 3 推算北美物種遷移的方向

4. 陳錦江

- 圖 4 棲息於香港高山河溪的棘胸蛙
- 圖 6 春季過境香港繁殖的家燕

5. 黃志俊

- 圖 5 蟲媒授粉
- 圖 10 珊瑚白化

6. Pixabay

- 圖 7 成年北極熊與幼崽

7. Jerzy Strzelecki

- 圖 8 南極洲阿德利企鵝

8. Ian Bell © Queensland Government

- 圖 9 布蘭堡礁裸尾鼠

9. 郭志泰

- 圖 11 濕地生境

10. 美國國家冰雪數據中心（NSIDC）

- 圖 15a 1904 年的阿拉帕霍冰川
- 圖 15b 2021 年的阿拉帕霍冰川

11. 香港政府「全民國家安全教育日」

- 圖 16 總體國家安全觀

12. 香港天文台

- 圖 17 香港的未來氣候

13. 商台新聞

- 圖 18 2023 年 9 月 8 日黃大仙地區的情況

14. 可觀自然教育中心暨天文館

- 圖 19 溫度上升影響香港瘰螥的繁殖

7.5 我們可以怎樣應對氣候變化帶來的影響？

1. American Public Power Association

圖 3 水力發電堤壩

2. Pekachu

圖 4 日本的海岸保護措施

3. Kleon3

圖 5 英國泰晤士河水閘及其運作原理

4. Infrogmation

圖 6 防洪房屋

5. Michael Slaten

圖 7 美國休斯頓面對極端降雨及風暴潮引致的海水淹浸問題

6. 碳中和及可持續發展，香港特區政府（環境及生態局）

圖 8 香港溫室氣體排放趨勢和碳排放源

7. Dr. T.C. Lee

圖 9 大坑東蓄洪池能減輕暴雨期間其下游雨水排放系統的負擔

8. 香港天文台

圖 11 天文台天氣雷達 24 小時全天候為市民提供監測暴雨及熱帶氣旋等惡劣天氣

圖 12 天文台透過開放日等公眾教育活動加深大眾對氣候變化的了解

9. Canva Education

圖 13 在太陽下晾乾衣物，既可省電，又可殺菌

圖 14 自備食物盒

本中心已竭盡所能追溯版權資訊。如有不慎侵犯任何版權，敬請合法版權持有者與本中心聯繫，以便妥善處理。

本中心在本資源冊中提供之第三方網站連結，僅為參考用途，旨在方便使用者獲取相關資訊。本中心對該等網站之內容不承擔任何責任。使用者請自行評估並承擔使用該等連結之風險。